



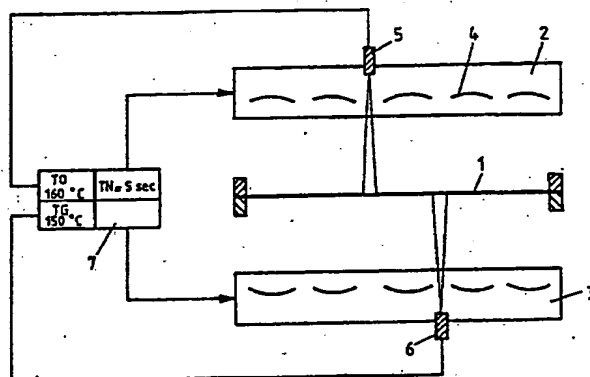
71 Anmelder:  
Adolf Illig Maschinenbau GmbH & Co, 74081  
Heilbronn, DE

72 Erfinder:  
Schwarzmann, Peter, 74081 Heilbronn, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Beheizen einer Platte aus thermoplastischem Kunststoff

57 Durch das erfindungsgemäße Verfahren soll eine zeitlich und energiemäßig optimale Beheizung einer Kunststoffplatte erfolgen können ohne aufwendige Ermittlung der Prozessparameter und bei automatischem Ausgleich einer unterschiedlichen Anfangstemperatur der Platten. Dies wird dadurch erreicht, daß man zunächst mit voller Leistung der Heizung das Beheizen der Oberfläche vornimmt, die Oberflächentemperatur über einen Sensor mißt und auf einen vorgegebenen Temperatursollwert regelt. Bei Erreichen des Temperatursollwertes beginnt eine Nachheizzeit, während der die Oberflächentemperatur konstant gehalten wird bei entsprechend reduzierter Heizleistung. Sie dient der Wärmeleitung ins Innere der Platte. Die Nachheizzeit wird vorgegeben, aus Tabellen entnommen oder von der Steuerung errechnet.



BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beheizen einer Platte aus thermoplastischem Kunststoff nach der Gattung des Hauptanspruches.

Aus der DE 30 07 999 A1 ist es bekannt, die Beheizung einer Platte oder Folienbahn aus thermoplastischem Kunststoffin der Weise vorzunehmen, daß die von der Heizung abgestrahlte Leistung während des Beheizens von einem Maximum kontinuierlich abgesenkt wird auf ein Minimum. Ausgehend von der Erkenntnis, daß man eine kalte Platte mit einer höheren Leistung bestrahlen kann als eine bereits erwärmte Platte — und daß die Wärme Zeit benötigt, ins Innere der Platte vorzudringen — wird die Heizleistung so gesteuert, daß die Oberfläche intensiv beheizt, dabei aber nicht überhitzt wird. Das Verändern der Heizleistung erfolgt in der Weise, daß ein Mikroprozessor eine Signalspannung erzeugt, die zur Leistungssteuerung der Heizung — im Prinzip einer Phasenanschnittsteuerung — herangezogen wird.

Der Nachteil bei diesem Verfahren liegt darin, daß die Signalspannung vorprogrammiert und dazu empirisch ermittelt werden muß. Eine universelle Thermoformmaschine kann viele Arten von Kunststoffen in Stärken von 0,5 bis 12 mm verarbeiten, so daß sich eine große Anzahl von möglichen Programmen ergibt. Wenn ein Anwender ein neues Material und/oder eine neue Plattenstärke verarbeiten will, muß er erst die empirischen Werte ermitteln, was in dieser Zeit einen Produktionsausfall zur Folge hat. Der Anwender hat keine Rückmeldung, ob er optimale Werte ermittelt hat und bemerkt eine eventuelle Überhitzung der Folienoberfläche nur an einem — dann defekten — Teil. Es hat sich gezeigt, daß in der Praxis aus Sorge vor Überhitzung der Oberfläche sicherheitshalber mit zu geringer Heizleistung gefahren wird und eine längere Heizzeit in Kauf genommen wird. Wie die einzustellenden empirischen Werte ermittelt werden, ist der genannten Schrift nicht zu entnehmen. Es muß davon ausgegangen werden, daß es sich um ein zeitaufwendiges Verfahren handelt, das nicht unbedingt optimale Werte liefert.

Das bekannte Verfahren berücksichtigt zudem in keiner Weise, daß die Kunststoffplatten zu Beginn des Aufheizens nicht immer die gleiche Ausgangstemperatur aufweisen. So kann diese im Winter viel tiefer liegen als im Hochsommer, so daß hier ohne weiteres Temperaturunterschiede von 25°C vorliegen können. Vorprogrammierte Leistungskurven der Heizung nehmen darauf keine Rücksicht, so daß Ausschuß entstehen kann.

Aus der DE-OS 21 62 129 ist es bekannt, die Oberflächentemperatur der erwärmten Platte über einen Sensor zu messen und bei Erreichen der vorgegebenen Solltemperatur den Verformungsvorgang einzuleiten, also das Beheizen einzustellen. Die Heizleistung ist konstant, so daß die Vorteile einer optimalen Beheizung nicht gegeben sind. Welche Temperatur die Platte im Innern aufweist, wenn die Oberfläche ihre Solltemperatur erreicht hat, ist bei diesem Verfahren nur dadurch beeinflussbar, daß man die konstante Heizleistung als Ganzes verändert und damit auch die Heizzeit.

In der DE 35 12 843 A1 ist die Erfassung der Oberflächentemperatur einer bewegten Folienbahn außerhalb des Heizfeldes mittels Sensor beschrieben, wobei diese erfaßte Temperatur mit einer Solltemperatur verglichen wird. Die vorgeschaltete Heizung wird in ihrer Ausgangsleistung beeinflusst, wobei diese dann nach erfolgtem Regelvorgang konstant bleibt. Die Vorteile ei-

ner optimalen Beheizung — kalte Folie stärker, warme Folie geringer — sind bei diesem Verfahren nicht gegeben. Durch das Messen hinter der Heizung dauert es einige Takte, bis das System im Gleichgewicht ist und produziert in dieser Zeit Ausschuß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren so auszubilden, daß zeitlich und energiemäßig eine optimale Beheizung erfolgt, wobei die Ermittlung und Einstellung der materialspezifischen Werte auf einfache Weise erfolgen kann. Zeitaufwendige Versuche des Benutzers sollten hierzu nicht erforderlich sein. Das Verfahren sollte unterschiedliche Ausgangstemperaturen der Platte ohne Eingriff des Bedieners ausgleichen. Eine gute Durchwärmung der Platte, also auch im Innern, sollte entsprechend den Anforderungen des Tiefziehverfahrens auf einfache Weise erzielbar sein.

Gelöst ist diese Aufgabe erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Hauptanspruches gegebenen Maßnahmen. Die Unteransprüche stellen vorteilhafte Weiterbildungen dar. Das Verfahren ist anhand der schematischen Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung von zwei Heizungen und der Steuereinrichtung zum Erwärmen einer Platte.

Fig. 2 Ein Diagramm Temperatur/Leistung/Heizzeit.

Fig. 3 Eine Darstellung von verschiedenen Parametern in Tabellenform.

Fig. 4 Eine Darstellung einer Bildschirmmaske zur Eingabe in die Steuerung.

Das Verfahren findet Anwendung beim Beheizen einer eingespannten Platte 1 aus thermoplastischem Kunststoff mittels einer Strahlungsheizung. Zum Beheizen sind eine oder zwei Heizungen 2, 3 im Abstand zur Platte 1 angeordnet. Sie bestehen aus gitterartig angeordneten Heizelementen 4, wobei es sich hierbei beispielsweise um Keramikstrahler, Quarzstrahler oder Halogenstrahler handelt. Vorzugsweise werden Heizelemente eingesetzt, deren Leistungsabgabe relativ rasch verändert werden kann. Eine oder beide Heizungen 2, 3 ist/sind mit einem Sensor 5, 6 versehen, der durch die Heizung 2, 3 hindurch die Oberflächentemperatur der Platte 1 erfaßt und an die Steuerung 7 meldet. Eine seitliche Anordnung der Sensoren 5, 6 ist denkbar, so daß diese durch den Spalt zwischen den Heizungen 2, 3 und dem Spannrahmen hindurch messen. Wegen des ungünstigen Einfallwinkels werden solche Messungen aber ungenauer, als wenn die Messung senkrecht zur Platte 1 erfolgt. Der Steuerung 7 vorgegeben wird entweder direkt oder indirekt die Solltemperatur der Oberfläche der Platte 1. Direkt wäre dies durch Eingabe der Solltemperatur über ein Tastenfeld, wobei die maximal zulässige materialabhängige Temperatur dem Anmel- der in der Regel bekannt ist. Indirekt wäre dies durch Eingabe des Materials in die Steuerung, z. B. "PS" für Polystyrol, wobei sich die Steuerung z. B. den Wert 160°C aus einer hinterlegten Tabelle entnehmen würde.

Von der Steuerung 7 aus wird die Stromzufuhr zu den Heizungen 2, 3 gesteuert und zwar in folgender Weise: Mit Beginn des Heizvorganges wird die Heizleistung auf Maximum gestellt, d. h. entsprechend 100% der Anschlußleistung der Heizungen 2, 3. Die Oberflächentemperatur TO steigt rasch an und wird der Steuerung 7 laufend über die Sensoren 5, 6 gemeldet. Die Oberflächentemperatur TO wird nun von der Steuerung 7 geregelt, d. h. bei Annäherung des Istwertes an den Sollwert TS wird die Stromzufuhr zu den Heizungen 2, 3 und damit die Heizleistung N entsprechend abgesenkt, so daß die Oberflächentemperatur TO die Solltemperatur

TS erreicht, diese möglichst <sup>3</sup> oder nur kurz überschreitet und auf dieser konstant gehalten wird.

Nach Erreichen der Solltemperatur TS wird je nach Plattendicke, Material und Gestalt des herzustellenden Formteiles für eine gewisse Nachheizzeit TN diese Temperatur gehalten, damit die Temperatur der Plattenmitte TM sich der Oberflächentemperatur TO annähern kann.

Durch die Regelung und den angestrebten tangentialen Übergang der Kurve von TO in die Horizontale TS ist es problematisch, als Start für die Nachheizzeit TN den Zeitpunkt zu wählen, an dem der Sensor 5, 6 erstmals diesen Wert erfaßt. Es hat sich als sicherer und reproduzierbarer erwiesen, einen Temperaturwert TG gering unterhalb der Solltemperatur zu wählen, an dem die Kurve von TO noch relativ steil ansteigt. Mit Erreichen dieses Temperaturwertes TG startet die Nachheizzeit TN.

Die erforderliche Zeitdauer von TN ist im wesentlichen abhängig vom Kunststoffmaterial und der Plattendicke. Die mittlere Plattentemperatur TM kann nicht ohne weiteres gemessen werden und ist niedriger als die Oberflächentemperatur TO. Während der Zeit TN nähert sich TM an TO und verringert sich nach Ablauf der Zeit TN auf den Wert TX.

Ein wesentlicher Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, den Wert für die Nachheizzeit TN zu ermitteln bzw. vorzugeben. Es gibt hier mehrere Möglichkeiten:

Eine Möglichkeit besteht darin, den Wert TN über ein Tastenfeld der Steuerung vorzugeben. Es liegt dann in der Erfahrung des Thermoformers, solche Werte in Abhängigkeit des zu erwärmenden Materials der Plattenstärke, der geometrischen Struktur des Formteiles und damit den Tiefziehbedingungen einzugeben.

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, daß in der Steuerung eine oder mehrere Tabellen hinterlegt sind, aus denen sich die Steuerung aufgrund der Eingabe von Material- und Plattendicke außer dem Wert für die Oberflächentemperatur TO und ggf. den Wert TG auch den Wert für die Nachheizzeit TN entnimmt. Es wäre dabei denkbar, daß mehrere Tabellen hinterlegt sind, wobei jede für einen bestimmten Wert TX ausgelegt ist, so daß nach Eingabe von Material, Plattendicke und TX die Zeit TN aus Tabellen entnommen werden kann. Solche Tabellen sind in Fig. 3 beispielhaft dargestellt. Eine Eingabemaske des Bedienpultes (in der Regel Bildschirmmaske) ist in Fig. 4 dargestellt. Nach Eingabe dieser Werte muß sich der Bediener nicht mehr um Heizzeiten, Temperaturen und Leistungswerte der Heizung kümmern. Wobei es ihm aber unbenommen bleibt, diese von der Steuerung ermittelten Werte in den entsprechenden Eingabemasken zu verändern, sollte sich dies beim Tiefziehen als erforderlich erweisen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die Steuerung anhand vorgegebener mathematischer Formeln nach Eingabe der Werte gemäß Fig. 4 die Werte für die Nachheizzeit TN errechnet, wobei die Werte für TO und ggf. TG weiterhin einer Tabelle entnommen oder von Hand vorgegeben werden.

Wenn das Beheizen der Platte 1 über zwei Heizungen erfolgt, also von beiden Seiten, können wie dargestellt beide Heizungen mit einem Sensor 5, 6 ausgerüstet sein. Die Nachheizzeit TN würde man vorzugsweise über eine der Heizungen 2, 3 steuern, damit beide Heizungen nicht unterschiedlich lange heizen. Jede Heizung würde leistungsmäßig beeinflußt, so daß die ihr zugewandte Oberfläche mit der entsprechenden Oberflächentempe-

ratur TO geregelt wird.

Größere Heizungen sind meist mit mehreren Heizzonen ausgerüstet, z. B. müssen die äußeren Reihen der Strahler mit einer höheren Leistung die Platte erwärmen, weil die Platte am Rand stärker an die Umgebung abstrahlt. In diesem Fall wird vorgeschlagen, pro Heizzone einen Sensor einzusetzen, wobei über jeden Sensor die Ausgangsleistung der ihm zugeordneten Heizzone gesteuert wird in der Weise, daß die Oberflächentemperatur TO auf den vorgegebenen Wert geregelt wird. In diesem Fall ist es auch möglich, einzelne Bereiche der Platte 1 auf unterschiedliche Temperaturen TO zu regeln. In jedem Fall übernimmt eine Heizzone die Führung bei der Ermittlung des Startpunktes TG für die Nachheizzeit TN sowie für die Ermittlung der Nachheizzeit TN.

Die dargestellten Sensoren 4, 5 erfassen die Oberflächentemperatur TO nur an einer Stelle der Platte 1 bzw. an einer Stelle einer Heizzone. Meßungenauigkeiten können auftreten. Diese können dadurch vermindert werden, daß pro Heizung/Heizzone mehrere Sensoren eingesetzt werden und ein Mittelwert gebildet wird. Dieser wird für die Regelung herangezogen. Eine Verbesserung der Meßgenauigkeit kann auch dadurch erreicht werden, daß die Sensoren 5, 6 nicht starr, sondern verschiebbar z. B. schwenkbar, ausgebildet sind. Sie können dann einen größeren Meßfleck erfassen und ebenfalls einen Mittelwert bilden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Beheizen einer Platte aus thermoplastischem Kunststoff durch eine Heizeinrichtung mit Strahlern, deren Ausgangsleistung während des Heizvorganges verändert wird zur Anpassung an die Merkmale der zu beheizenden Platte, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

a) Die Oberflächentemperatur (TO) mindestens einer Seite der Platte (1) wird über einen Sensor (5, 6) erfaßt und mit einem vorgegebenen Temperatursollwert (TS) verglichen.

b) Die Ausgangsleistung der Heizungen (2, 3) wird von einem hohen Anfangswert in der Weise abgesenkt, daß die Oberflächentemperatur (TO) der Platte (1) auf den vorgegebenen Sollwert (TS) im Sinne einer Regelung gebracht wird.

c) Nach dem Erreichen des vorgegebenen Sollwertes (TS) bzw. einer festgelegten, von diesem abweichenden geringeren Nachheiztemperatur (TG) erfolgt für eine vorgegebene oder ermittelte Nachheizzeit (TN) das Konstanthalten der Solltemperatur (TS) mit entsprechend reduzierter Heizleistung.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Nachheizzeit (TN) manuell vorgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Nachheizzeit (TN) von der Steuerung (7) aus einer hinterlegten Tabelle entnommen wird, wobei diese zumindest Kunststoffmaterial und Plattendicke berücksichtigt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Nachheizzeit (TN) von der Steuerung anhand einer hinterlegten Formel errechnet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß die Werte für die zu

regelnde Oberflächen-<sup>5</sup>temperatur (TS) und ggf. für die Nachheizzeit (TN) von der Steuerung (7) nach Eingabe des Kunststoffmaterials aus einer Tabelle entnommen werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5<sup>5</sup> dadurch gekennzeichnet, daß bei Einsatz von zwei Heizungen (3, 4) die zweite Heizung leistungsmäßig parallel zur ersten Heizung betrieben wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5<sup>10</sup> dadurch gekennzeichnet, daß beim Einsatz von zwei Heizungen beide Heizungen einen Sensor (4, 5) aufweisen, wobei jeder die ihm zugewandte Oberfläche temperaturmäßig regelt, die Ermittlung der Nachheizzeit (TN) und ihr Beginn aber von einer Oberflächentemperatur (TO) aus erfolgen<sup>15</sup> und die Heizzeit beider Heizungen (2, 3) gemeinsam endet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7<sup>20</sup> dadurch gekennzeichnet, daß es bei Heizungen (2, 3) mit mehreren Heizzonen für jede Heizzone getrennt angewendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8<sup>25</sup> dadurch gekennzeichnet, daß pro Heizung (2, 3) oder pro Heizzone mehrere Sensoren (5, 6) angeordnet sind und die Meßwerte gemittelt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9<sup>30</sup> dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (4, 5) oszillierend oder verschiebbar ausgebildet sind, so daß sie einen größeren Meßfleck erfassen können, wobei die Meßwerte gemittelt werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

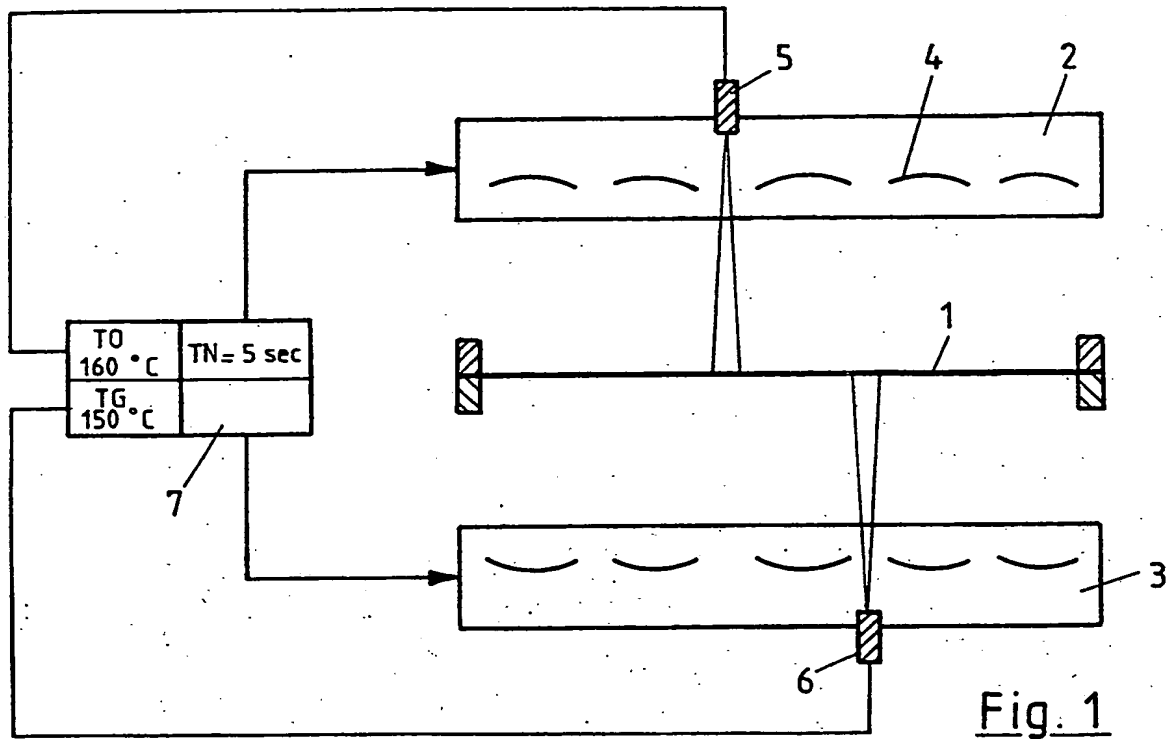


Fig. 1

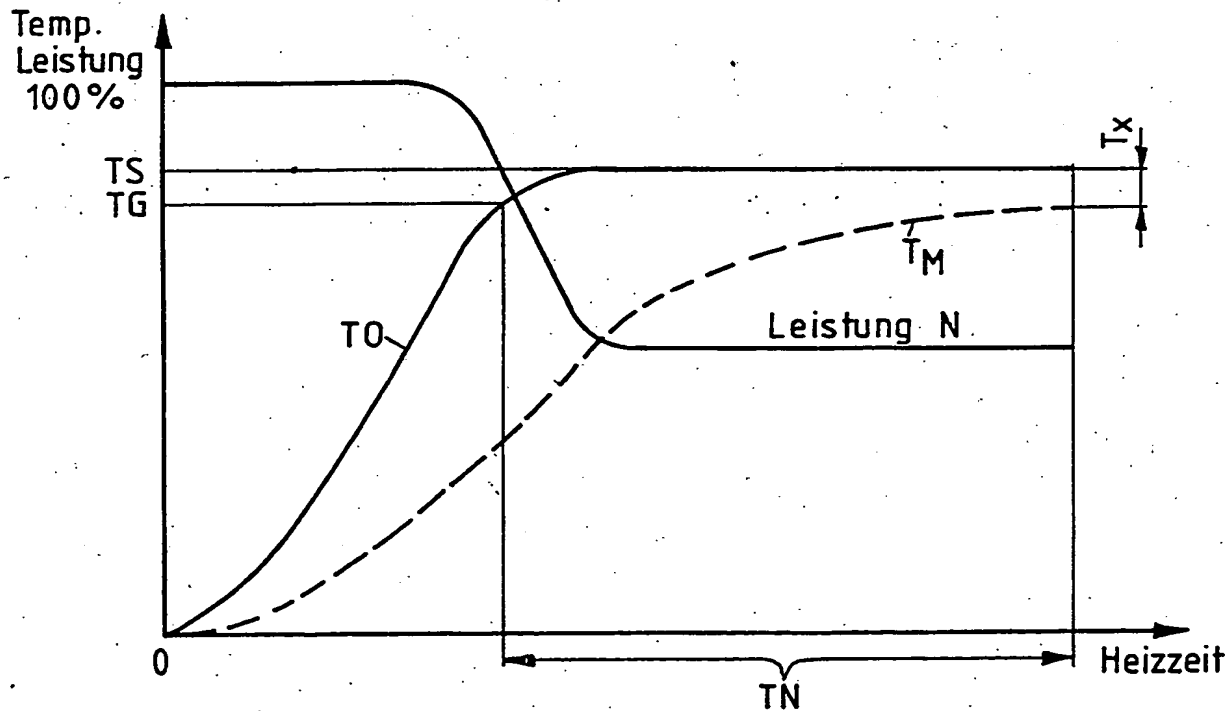


Fig. 2

Nachheizzeit TN			TX = 15 °C						
Nachheizzeit TN			TX = 10 °C						
Nachheizzeit TN			TX = 5 °C						
Mat.	TO	TG	Plattendicke (mm)						
	°C	°C	2	3	4	5	6	8	10
PVC	130	125	3	4	5	6	8	10	12
ABS	150	145	4	7	9	12	15	18	20
PS	155	145	5	8	10	14	16	20	25
PP	170	160	6	9	12	16	18	25	30

Fig. 3

<u>Parameter Material</u>	
Werkstoff	: PS
Plattendicke	: 8 mm
Temperaturdifferenz außen / innen	: 10 °C

Fig. 4